


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК1.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8 / 1

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету  
гірничої справи,  
природокористування та  
будівництва

«17» листопада 2022 р.,  
протокол № 04

Голова Вченої ради

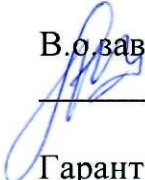
 Володимир КОТЕНКО

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «Термодинаміка»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «молодший бакалавр»  
спеціальності 184 «Гірництво»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра маркшейдерії

Схвалено на засіданні  
кафедри маркшейдерії  
«18» жовтня 2022 р.,  
протокол № 09

В.о. завідувача кафедри  
 Володимир ШЛАПАК

Гарант освітньо – професійної  
програми

 Сергій ІСЬКОВ

Розробники: доц. кафедри маркшейдерії Василь МАМРАЙ  
ст. викладач кафедри маркшейдерії Марина КУНИЦЬКА

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК2.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/2

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів –3	Напрямок підготовки <b>“Гірництво”</b>	Нормативна	
Модулів – 1	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <b>молодший бакалавр</b>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання відсутнє		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90		3-й	3-й
		<b>Лекції</b>	
		16 год.	6 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		24 год.	6 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		–	
		<b>Самостійна робота</b>	
		50 год.	78 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b>	
		Вид контролю: <b>залік</b>	

4

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – вивчення фізичних явищ, пов’язаних з перетворенням теплоти в роботу і роботи в теплоту в теплових машинах (парових і газових турбінах, двигунах внутрішнього згорання, холодильних машинах)..

**Завдання** – У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен досягти чіткого уявлення про фізичну суть явищ та процесів, уміти розв’язувати конкретні задачі з курсу із врахуванням останніх досягнень наук цієї галузі та економічної вигоди.

Вивчення дисципліни “Термодинаміка” базується на знанні загальноосвітніх і загальноінженерних дисциплін. Вона є базовою для вивчення ряду дисциплін спеціальності.

Для майбутніх спеціалістів спеціальності Розробка родовищ корисних копалин та Маркшейдерська справа особливе значення мають питання, пов’язані з удосконаленням теплових двигунів, підвищенням к.к.д. шляхом

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВКЗ.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/2

вибору оптимальних термодинамічних циклів, найбільш раціональних теплових схем та параметрів робочого тіла.

Сучасний розвиток техніки неможливий без підвищення економічності і зменшення токсичності відпрацьованих газів енергетичних установок, особливості двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Термодинаміка вивчає закономірності взаємних перетворень теплоти й роботи як двох форм передачі енергії між тілами.

Предмет “Термодинаміка” базується на використанні знань і положень відповідних розділів математики, фізики. В свою чергу, його вивчення допоможе студентам старших курсів більш детально і глибоко ознайомитися з принципами роботи двигунів, їх економічними режимами та ін.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених освітньо-професійною програмою «Гірництво» спеціальності 184 «Гірництво»:

**ЗК7.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

**СКЗ.** Здатність до використання теорій, принципів, методів і понять фундаментальних і загальноінженерних наук для професійної діяльності.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 184 «Гірництво»:

**РН5.** Застосовувати методи математики, фізики, хімії, загальноінженерних наук для розв’язання складних спеціалізованих задач гірництва, розуміти наукові принципи теорії, на яких базуються відповідні методи, області їх застосування та обмеження;

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1. Термодинаміка

##### Змістовий модуль 1.

**Тема 1. Основні параметри стану. Рівноважний і нерівноважний стани.** Основні параметри стану робочого тіла. Вимірювання тиску газів. Рівноважний і нерівноважний стани.

##### **Тема 2. Ідеальні гази.**

Поняття про ідеальний газ та його рівняння. Газова стала. Використання *p-v* діаграми. Основні закони ідеальних газів. Закон Авогадро. Рівняння стану для одного кіломоля ідеального газу. Універсальна газова стала.

##### **Тема 3. Внутрішня енергія та ентальпія робочого тіла. Теплоємність.**

Внутрішня енергія та ентальпія робочого тіла як функції стану. Теплоємність ідеальних газів: основні означення, істинні та середні теплоємності, теплоємності ізобарна та ізохорна. Взаємозв’язок між різними видами теплоємностей.

##### **Тема 4. Газові суміші.**

Поняття про газові суміші. Парціальний тиск і зведений об’єм компонентів.

Закон Дальтона. Склад суміші. Теплоємність газової суміші.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК2.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/4

## **Змістовий модуль 2.**

### **Тема 5. Перший закон термодинаміки.**

Перший закон термодинаміки. Теплота і робота. Перший закон термодинаміки як частина загального закону збереження та перетворення енергії. Робота зміни об'єму робочого тіла. Графічне зображення роботи в  $p$ - $v$  координатах. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки та його формулювання.

### **Тема 6. Основні термодинамічні процеси ідеальних газів.**

Поняття про термодинамічний процес. Термодинамічна оборотність процесів. Зображення оборотних процесів на діаграмі. Робота в прямому і зворотному процесах. Загальні поняття про основні термодинамічні процеси: ізохорні, ізобарні, ізотермічні, адіабатні, політропні; їх аналітичне та графічне дослідження в системі координат. Рівняння процесів; залежність між початковими та кінцевими параметрами процесів. Обчислення кількості тепла та роботи, що беруть участь у процесі. Знаходження змін внутрішньої енергії. Узагальнююче значення політропного процесу.

### **Тема 7. Другий закон термодинаміки.**

Поняття про термодинамічний цикл. Прямі і зворотні цикли. Оборотні й необоротні цикли. Ефективність оборотних циклів. Основні формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теорема Карно. Ентропія. Діаграма ідеального газу. Зображення на діаграмі підведеного, відведеного та корисного тепла прямого й зворотного циклу. Зображення на діаграмі основних процесів ідеального газу. Зміна ентропії в оборотних і необоротних процесах. Фізична суть ентропії і ексергія тепла. Роботоздатність системи. Рівняння Гуї- Стодоли. Аналітичне вираження другого закону термодинаміки. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Оцінка узагальнень Клаузіуса щодо зростання ентропії.

Тема 8. Термодинамічні цикли теплових двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Загальні положення. Термодинамічні цикли ДВЗ з ізохорним, ізобарним та змішаним підведенням тепла. Графічне зображення циклів у системі координат. Характеристика циклів, визначення параметрів робочого тіла в характерних точках циклу. Термічний к.к.д. циклу. Порівняння циклів поршневих двигунів.

## **Змістовий модуль 3.**

### **Тема 9. Цикли газотурбінних установок.**

Принцип і схема роботи газотурбінної установки. Цикли газотурбінних установок з ізобарним та ізохорним підведенням тепла, з регенерацією.

### **Тема 10. Водяна пара.**

Основні означення. Галузі застосування водяної пари. Діаграма водяної пари. Потрійна точка. Параметри водяної пари. Діаграма TS для водяної пари. Термодинамічні процеси зміни стану водяної пари.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК1.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/5

### Тема 11. Термодинамічні цикли паросилової установок.

Найпростіша схема паросилової установки. Цикл Карно паросилової установки і його недоліки. Теоретичний цикл паросилової установки - цикл Ренкіна. Термодинамічний к.к.д. циклу паросилової установки. Вплив параметрів пари: початкового тиску, початкової температури, кінцевого тиску на термічний к.к.д. установки. Шляхи підвищення економічності теоретичного циклу паросилової установки. Цикли атомних теплоенергетичних установок. Цикли установки з МГД-генераторами. Методи безпосереднього перетворення тепла в електричну енергію.

### Тема 12. Цикли холодильних установок.

Зворотний цикл Карно. Поняття про холодильні установки. Холодильний коефіцієнт. Цикл повітряної компресорної установки. Цикл парової компресорної установки. Абсорбційні та пароежекторні холодильні установки.

## 4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
л		п	лаб	інд	с.р.	л		п	лаб	інд	с.р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Модуль 1</b>													
<b>Змістовий модуль 1</b>													
<b>Тема 1.</b> Основні параметри стану. Рівноважний і нерівноважний стани.	7	2	2	-	-	3	8	2	-	-	-	6	
<b>Тема 2.</b> Ідеальні гази.	7	1	2	-	-	4	8	-	2	-	-	6	
<b>Тема 3.</b> Внутрішня енергія та ентальпія робочого тіла. Теплоємність.	7	1	2	-	-	4	6	-	-	-	-	6	
<b>Тема 4.</b> Газові суміші.	8	2	2	-	-	4	6	-	-	-	-	6	
Разом за змістовим модулем 1	29	6	8	-	-	15	28	2	2	-	-	24	
<b>Змістовий модуль 2</b>													
<b>Тема 5.</b> Перший закон термодинаміки.	7	2	2	-	-	3	8	-	2	-	-	6	
<b>Тема 6.</b> Основні термодинамічні процеси ідеальних газів.	7	1	2	-	-	4	8	2	-	-	-	6	
<b>Тема 7.</b> Другий закон термодинаміки.	7	1	2	-	-	4	8	-	2	-	-	6	
<b>Тема 8.</b> Термодинамічні цикли теплових двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).	6	1	2	-	-	3	6	-	-	-	-	6	
Разом за змістовим модулем 2	27	5	8	-	-	14	30	2	4	-	-	24	
<b>Змістовий модуль 3</b>													
<b>Тема 9.</b> Цикли газотурбінних установок.	9	2	2	-	-	5	10	2	-	-	-	8	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК2.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/5

Тема 10. Водяна пара.	9	1	2	-	-	6	8	-	-	-	8
Тема 11. Термодинамічні цикли паросилової установок.	9	1	2	-	-	6	6	-	-	-	6
Тема 12. Цикли холодильних установок.	7	1	2	-	-	4	8	-	-	-	8
Разом за змістовим модулем 3	34	5	8	-	-	21	32	2	-	-	30
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>78</b>

## 5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні параметри стану робочого тіла. Вимірювання тиску газів.	2
2	Газова стала. Використання $p-v$ діаграми. Основні закони ідеальних газів.	2
3	Внутрішня енергія та ентальпія робочого тіла як функції стану. Теплоємність ідеальних газів	2
4	Поняття про газові суміші. Парціальний тиск і зведений об'єм компонентів.	2
5	Перший закон термодинаміки. Тепло і робота.	2
6	Поняття про термодинамічний процес. Термодинамічна оборотність процесів.	2
7	Прямі і зворотні цикли. Оборотні й необоротні цикли. Ефективність оборотних циклів.	2
8	Термодинамічні цикли ДВЗ з ізохорним, ізобарним та змішаним підведенням тепла.	2
9	Цикли газотурбінних установок з ізобарним та ізохорним підведенням тепла, з регенерацією.	2
10	Галузі застосування водяної пари. Діаграма водяної пари.	2
11	Цикл Карно паросилової установки і його недоліки.	2
12	Зворотний цикл Карно. Поняття про холодильні установки.	2
<b>Разом</b>		<b>24</b>

## 6. Завдання для самостійної роботи

Рівноважний і нерівноважний стани.
Рівняння стану для одного кіломоля ідеального газу. Універсальна газова стала.
Взаємозв'язок між різними видами теплоємностей.
Теплоємність газової суміші.
Аналітичний вираз першого закону термодинаміки та його формулювання.
Рівняння процесів; залежність між початковими та кінцевими параметрами процесів. Обчислення кількості тепла та роботи, що беруть участь у процесі. Знаходження змін внутрішньої енергії. Узагальнююче значення політропного процесу.
Рівняння Гуї-Стодоли. Аналітичне вираження другого закону термодинаміки. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Оцінка узагальнень Клаузіуса щодо зростання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК1.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/7

ентропії.
Порівняння циклів поршневих двигунів.
Цикли газотурбінних установок з ізобарним та ізохорним підведенням тепла, з регенерацією.
Термодинамічні процеси зміни стану водяної пари.
Цикли атомних теплоенергетичних установок. Цикли установки з МГД-генераторами. Методи безпосереднього перетворення теплав електричну енергію.
Абсорбційні та пароежекторні холодильні установки.

## 7. Індивідуальні завдання

Індивідуальне науково-дослідне завдання може отримати кожний студент (за бажанням) з метою підвищення кількості набраних балів.

## 8. Методи навчання

Методи навчання:

1. словесні – лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж;
2. наочні – спостереження, ілюстрація, демонстрація,
3. практичні – вправи, практичні роботи, розрахункові роботи.

## 9. Методи контролю

Метод контролю та критерії його оцінювання	Кількість балів
Письмова контрольна робота:	max 30
– повна відповідь на всі запитання	25
– повна відповідь на всі запитання, крім одного, на яке дана часткова відповідь	20
– на одне запитання відповідь відсутня	17
– на два запитання відповідь відсутня	15
– дана відповідь лише на 1 запитання	5-7
– незадовільні відповіді на всі запитання	0

**Примітка.** Письмова контрольна робота по теоретичному матеріалу може замінюватись усним опитуванням по даній темі або проходженням тестових завдань

## 10. Розподіл балів

Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Сума
30	40	30	100

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.01/184.00.1/МБ/ВК2.Х- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 8/7

Підсумкова (загальна) оцінка з навчальної дисципліни є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі форми навчальної діяльності, що оцінюються. Максимальну кількість балів, яку може отримати студент протягом вивчення дисципліни (за семестр), за поточне тестування, модульні контрольні роботи, виконання практичних завдань – становить 100 балів.

### Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

## 11. Рекомендована література:

### Основна

1. Бакка М.Т., Редчиць І.С., Редчиць В.С. Основи термодинаміки в гірництві. -Житомир: ЖІТІ, 2000.-210 с.
2. Холоменюк М.В. «Термодинаміка та теплопередача» навч. посіб. /М.В. Холоменюк; Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 280 с.
3. Буляндра, О.Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студ. енерг. спец. вищ. навч. закл. – 2-е вид., випр. / О.Ф. Буляндра. – К. : Техніка, 2006. – 320 с.
4. Буляндра, О.Ф. Збірник задач з технічної термодинаміки : навч. посіб. /О.Ф. Буляндра. – К. : НУХТ, 2015. – 394 с.

### Допоміжна

1. Холоменюк М.В., Самуся В.І. Термодинаміка : навчальний посібник Нац. гірн. ун- т. – Д.: НГУ, 2017. – 106 с.
2. Малишев В.В., Кретов В.В., Гладка Т.М. Технічна термодинаміка та теплопередача : навч. посіб. для студентів інженерних спеціальностей денної і заочної форм навчання / К.,2015. – 258 с.

## 12. Інформаційні ресурси в інтернеті:

12. <http://www.nbuu.gov.ua/>